

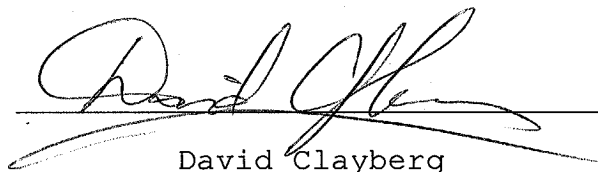
## VERIFICATION OF TRANSLATION

I, DAVID CLAYBERG

of 948 15<sup>th</sup> St., Ste. 4  
Santa Monica, CA 90403-3134

declare that I am a certified translator well acquainted with both the German and English languages, and that the attached is an accurate translation, to the best of my knowledge and ability, of the attached German-language document.

Signature



David Clayberg

Date March 20, 2002

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

# PCT

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

|  |   |   |
|--|---|---|
| Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts<br><b>R. 38224 Bü/Hy</b> | <b>WEITERES<br/>VORGEHEN</b>  | siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen<br>Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit<br>zutreffend, nachstehender Punkt 5 |
| Internationales Aktenzeichen<br><b>PCT/DE 01/02368</b>           | Internationales Anmeldedatum<br>(Tag/Monat/Jahr)<br><b>27/06/2001</b> | (Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)<br><b>28/07/2000</b>   |
| Anmelder<br><b>ROBERT BOSCH GMBH</b>                             |   |   |

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

### 1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

### 4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

### 5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 2

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

**PCT**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

|  |  |   |
|--|--|---|
| Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts<br><b>R. 38224 Bü/Hy</b> | <b>WEITERES<br/>VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen<br>Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit<br>zutreffend, nachstehender Punkt 5 |   |
| Internationales Aktenzeichen<br><b>PCT/DE 01/ 02368</b>          | Internationales Anmeldedatum<br>(Tag/Monat/Jahr)<br><b>27/06/2001</b>  | (Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)<br><b>28/07/2000</b> |
| Anmelder<br><br><b>ROBERT BOSCH GMBH</b>                         |  |   |

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

**1. Grundlage des Berichts**

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in Schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

**4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**5. Hinsichtlich der Zusammenfassung**

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 2

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/02368

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H02P9/02 H02P21/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | DE 198 49 239 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27. April 2000 (2000-04-27)<br>das ganze Dokument<br>---                     | 1-10               |
| A          | DE 41 15 338 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>12. November 1992 (1992-11-12)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>---<br>-/-- | 1                  |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. November 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beyer, F

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | BROESSE A ET AL: "POSITIONING ACCURACY OF A SENSORLESS CONTROLLED DRIVE SYSTEM"<br>EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, BRUSSELS, EPE ASSOCIATION, B,<br>Bd. 3 CONF. 6,<br>19. September 1995 (1995-09-19), Seiten 3167-3172, XP000538307<br>Abbildung 1 | 1                  |
| A          | BOBRICK ET AL: "The Kalman-Bucy filter accuracy in the guaranteed estimation problem"<br>PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. BRIGHTON, DEC. 11 - 13, 1991, NEW YORK, IEEE, US,<br>Bd. 1 CONF. 30,<br>11. Dezember 1991 (1991-12-11), Seiten 3066-3071, XP010055507<br>ISBN: 0-7803-0450-0<br>das ganze Dokument  | 1                  |
| A          | US 5 495 162 A (ROZMAN GREGORY I ET AL)<br>27. Februar 1996 (1996-02-27)<br>Zusammenfassung; Abbildung 2  | 1                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/02368

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19849239                               | A | 27-04-2000          | DE 19849239 A1             | 27-04-2000          |
|   |   |                     | BR 9907060 A               | 17-10-2000          |
|   |   |                     | WO 0025408 A2              | 04-05-2000          |
|   |   |                     | EP 1051789 A2              | 15-11-2000          |
| DE 4115338                                | A | 12-11-1992          | DE 4115338 A1              | 12-11-1992          |
| US 5495162                                | A | 27-02-1996          | NONE                       |                     |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/02368

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H02P9/02 H02P21/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                    | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | DE 198 49 239 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27. April 2000 (2000-04-27)<br>das ganze Dokument<br>----                      | 1-10               |
| A          | DE 41 15 338 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>12. November 1992 (1992-11-12)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>-----<br>-/-- | 1                  |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. November 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beyer, F

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | <p>BROESSE A ET AL: "POSITIONING ACCURACY OF A SENSORLESS CONTROLLED DRIVE SYSTEM"</p> <p>EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, BRUSSELS, EPE ASSOCIATION, B, Bd. 3 CONF. 6, 19. September 1995 (1995-09-19), Seiten 3167-3172, XP000538307</p> <p>Abbildung 1</p> | 1                  |
| A          | <p>BOBRICK ET AL: "The Kalman-Bucy filter accuracy in the guaranteed estimation problem"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. BRIGHTON, DEC. 11 - 13, 1991, NEW YORK, IEEE, US, Bd. 1 CONF. 30, 11. Dezember 1991 (1991-12-11), Seiten 3066-3071, XP010055507</p> <p>ISBN: 0-7803-0450-0</p> <p>das ganze Dokument</p>  | 1                  |
| A          | <p>US 5 495 162 A (ROZMAN GREGORY I ET AL)</p> <p>27. Februar 1996 (1996-02-27)</p> <p>Zusammenfassung; Abbildung 2</p>  | 1                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/02368

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19849239                               | A | 27-04-2000          | DE 19849239 A1             | 27-04-2000          |
|   |   |                     | BR 9907060 A               | 17-10-2000          |
|   |   |                     | WO 0025408 A2              | 04-05-2000          |
|   |   |                     | EP 1051789 A2              | 15-11-2000          |
| DE 4115338                                | A | 12-11-1992          | DE 4115338 A1              | 12-11-1992          |
| US 5495162                                | A | 27-02-1996          | NONE                       |                     |

## Verfahren zur Schätzung der Polradlage an einer Klauenpolmaschine

5

### Technisches Gebiet

Zur Versorgung des Bordnetzes von Kraftfahrzeugen mit elektrischer Energie werden Drehstromgeneratoren eingesetzt. Wegen seiner robusten Bauform und der preisgünstigen Herstellbarkeit hat sich für die Anwendung in Kraftfahrzeugen der Klauenpolgenerator durchgesetzt. Dieser enthält ein geblechtes Ständerpaket mit einer Dreiphasenwicklung. In der Wicklung wird durch das Drehfeld ein Dreifarben-Wechselstrom erzeugt. Die Batterie eines Kraftfahrzeuges erfordert zum Aufladen einen Gleichstrom, weswegen das Bordnetz ein Gleichspannungsnetz ist, so daß der Drehstromgenerator über eine Gleichrichterbrücke mit dem Bordnetz verbunden ist.

### Stand der Technik

Die Erzeugung elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen erfolgt durch Klauenpolgeneratoren, die über eine passive Dioden-Gleichrichter-Brücke mit dem Gleichspannungsbordnetz eines Kraftfahrzeuges verbunden sind. Die Drehstromgeneratoren werden in der Regel so dimensioniert, daß sie bereits bei Leerlauf der Verbrennungskraftmaschine im Kraftfahrzeug die geforderte elektrische Leistung bereitstellen können. Anstelle von passiven Dioden-Gleichrichter-Brücken können auch Puls-Wechsel-Richter eingesetzt werden, die bereits eine Abgabe elektrischer Leistung durch einen Drehstromgenerator bei Drehzahlen im unteren Leerlaufbereich einer Verbrennungskraftmaschine ermöglichen.

Klauenpolmaschinen werden durch Regler oder Reglerstrukturen geregelt, die die Transformation von Strömen und Spannungen der Ständerwicklungen der elektrischen Maschine in das d, q-System aus dem R-S-T-Dreiphasensystem sowie die Rücktransformation der Strom- und Spannungswerte aus dem d, q-System wieder in das R-S-T-Dreiphasensystem erfordern. Um die Transformation anhand einer Matrix eindeutig vornehmen zu können, ist es erforderlich, die Winkellage des Polrades an der elektrischen Maschine zu kennen, so daß die Transformation und die sich anschließende Rücktransformation eindeutig ist und keine Mehrfachzuordnungen auftreten können. Die

Polradlage wird üblicherweise durch einen eigens dafür vorgesehenen Sensor ermittelt, den Polradgeber.

Neben der Verwendung eines Polradlagegebers kann die Polradlage eines  
5 Klauenpolgenerators durch einen Zustandsbeobachter erfolgen, wobei durchaus auch ein  
reduzierter Zustandsbeobachter eingesetzt werden kann. Die Zustandsbeobachter sind  
jeweils so ausgelegt, daß diese den Systemzustand nach einer Änderung einer  
Zustandsgröße rekonstruieren. Mittels eines Zustandsbeobachters können jedoch in einer  
Regelstrecke eine Regelstruktur auftreten der stochastische Störungen nicht oder nur  
10 unzureichend detektiert und ausgeglichen werden.

#### Darstellung der Erfindung

Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren läßt sich einerseits der Einsatz eines  
15 Polradlagegebers als zusätzliches Bauteil an einem Klauenpolgenerator vermeiden, so daß  
die mit seiner Verwendung einhergehenden Kosten zur Messung der Polradwinkellage  
entfallen können.

Andererseits kann durch die Verwendung eines Filterelementes, vorzugsweise eines  
20 Kalman-Bucy-Filterelementes nunmehr auch eine Erfassung in einer Regelstrecke  
eingehende stochastische Einflüsse erfolgen, was einen Fortschritt darstellt, da mit  
Zustandsbeobachtern lediglich eine verzögert erfolgende Rekonstruktion des  
Systemzustandes nach der Änderung einer Systemzustandsgröße möglich ist. Bei den  
bisher verwendeten Zustandsbeobachtern wird eine Transformationsmatrix für die  
25 Transformation von d, q-System in das R-S-T-System und umgekehrt anhand einer  
Polvorgabe ermittelt. Von der Genauigkeit der Polvorgabe hängt mithin die Genauigkeit  
der Transformation und der Rücktransformation ab. Beim eingesetzten Filterelement  
hingegen resultiert die Genauigkeit der Transformation aus der Optimierung eines  
erforderlichen Gütemaßes. Durch Verwendung dieses Gütemaßes bei der Ermittlung der  
30 Transformation d, q-System ins R-S-T-System der elektrischen Maschine, ist eine  
wesentlich verbesserte Genauigkeit erreichbar.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend detaillierter erläutert.

5 Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Klauenpolgenerators mit Läufer- und Ständerwicklung,

10 Fig. 2 eine äquivalente Darstellung des Klauenpolgenerators im Zustandsraum,

Fig. 3 die Unterteilung des Systems Klauenpolgenerator in ein beobachtbares und ein unbeobachtbares Untersystem und

15 Fig. 4 eine nähere Darstellung des beobachtbaren Untersystems und des Kalman-Bucy-Filters.

Fig. 5 eine alternative Ausgestaltungsmöglichkeit des beobachtbaren Untersystems als reduzierter Zustandsbeobachter und

20

Fig. 6 eine Meßschaltung zur Ermittlung der Läuferposition des Klauenpolgenerators im Stillstand.

Ausführungsvarianten

25

Die Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt in schematischer Wiedergabe einen Klauenpolgenerator mit Erreger- und Ständerwicklung.

30 Aus der Darstellung gemäß Fig. 1 geht die Erregerwicklung 2 hervor, die bei Anlegen einer Spannung an ihren Anschlußklemmen von einem Erregerstrom  $i_F$ , Bezugszeichen 3, durchflossen wird. Die elektrische Maschine 1, im wesentlichen bestehend aus der Erregerwicklung 2 sowie der Ständerwicklung 4, ist als Drehstrommaschine ausgebildet und wird im R-S-T-System betrieben. Von der Ständerwicklung 4 wegführend sind in der Darstellung gemäß Fig. 1 drei Phasenstränge, den Phasen R, S und T entsprechend,  
35 dargestellt.

Fig. 2 gibt die äquivalente Darstellung der elektrischen Maschine 1 gemäß Fig. 1 im Zustandsraum wieder.

Im Zustandsraum 14 ist die elektrische Maschine 1 in äquivalenter Form dargestellt, im wesentlichen charakterisiert durch die Ableitung 10 des Zustandsvektors  $\underline{x}$ . Eingangsgröße ist der Eingangsvektor  $\underline{u}$ . Der Eingangsvektor  $\underline{u}$  besteht aus den transformierten Ständerspannungen  $u_d, u_q$ , aus dem R-S-T-System in das d, q-System transformiert und aus der Läuferspannung an der elektrischen Maschine 1. Die Ableitung des Zustandsvektors 9 ist gegeben durch die Gleichung:

10

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A} \cdot \underline{x} + \underline{B} \cdot \underline{u} + \underline{r}(t).$$

Darin bezeichnet  $\underline{r}(t)$  das Systemrauschen,  $\underline{x}$  den Zustandsvektor, der den Erregerstrom  $i_F$  und die transformierten Ständerströme  $i_d, i_q$  enthält, die ebenfalls aus dem R-S-T-System ins d, q-System transferiert sind. Der Ständerstromanteil  $i_q$  bestimmt weitestgehend das mit der elektrischen Maschine 1 erzielbare Drehmoment. Der Zustandsvektor 9 wird unter Verknüpfung mit einer Konstanten C auf einen Summationspunkt 13 gegeben, an welchem ein Meßrauschen  $p(t)$  aufgegeben ist. Unter Berücksichtigung des Meßrauschens  $p(t)$ , charakterisiert durch Bezugszeichen 12, wird der Ausgangsspannungsvektor  $\underline{y}$  gebildet, gekennzeichnet durch Bezugszeichen 8.

20

Fig. 3 zeigt die Darstellung des Gesamtsystems elektrische Maschine in Untersystemen.

Die elektrische Maschine 1 läßt sich ausgehend vom Gesamtsystem 15 in ein beobachtbares Untersystem 19 sowie ein unbeobachtbares Untersystem 18 aufteilen. Im beobachtbaren Untersystem 19 lassen sich die Zustandsgrößen durch den Einbau eines Kalman-Bucy-Filterelementes 20 (vergleiche Fig. 4) schätzen. Die Zustandsgrößen des unbeobachtbaren Untersystemes 18 werden hingegen berechnet. Für die Berechnung der Zustandsgrößen dieses Untersystemes werden die mittels des Filterelementes 20 gewonnenen Zustandsgrößen aus dem beobachtbaren Untersystem 19 herangezogen, die jedoch – unter Inkaufnahme einer Vernachlässigung stochastischer Einflüsse in der Regelstrecke – auch über einen Zustandsbeobachter ermittelt werden könnten. Die berechneten wie auch die geschätzten Zustandsgrößen werden durch Verknüpfung mit der Transformationsmatrix rücktransformiert, woraus sich eine geschätzte Polradwinkellage ergibt, die der wirklichen Lage des Polrades entspricht.

35

Fig. 4 gibt eine detaillierte Darstellung des beobachtbaren Untersystems einer elektrischen Maschine wieder.

Die Darstellung gemäß Fig. 4 außerhalb der gestrichelten Umrandung des Filterelementes 20 entspricht im wesentlichen der Darstellung im Zustandsraum 14 gemäß Fig. 2. Eingangsgröße des Zustandsvektors  $\underline{x}_2$  ist der Eingangsvektor  $\underline{u}$  gebildet aus zwei Anteilen, die nach Durchlaufen einer Konstante  $\underline{C}_2$ , gekennzeichnet durch Bezugszeichen 27 in einen Ausgangsvektor  $\underline{y}$  übergehen. An einem Submationspunkt 22 innerhalb des Filterelementes 20 werden die Eingangsgrößen des Eingangsvektors  $\underline{u}$ , einem Integrationsbaustein 28 aufgegeben, von dem aus sie einem die Konstante  $\underline{C}_2$  entsprechenden repräsentierenden Baustein zugeführt werden, von dem aus sie einem weiteren Summationspunkt 23 zugeleitet werden. Ausgehend vom Baustein 27 werden dessen Ausgangssignale, mit einem negativen Vorzeichen verknüpft, dem Summationspunkt 23 zugeleitet. Von diesem Summationspunkt 23 zweigt die Zuleitung zu einem L-Matrix-Baustein 21 ab, in welchen bei Verwendung eines Zustandsbeobachters die Matrix mittels einer Polradlagevorgabe ermittelt würde. Bei der Ausgestaltung des Filterelementes 20 als ein Kalman-Bucy-Filterelement wird die Matrix  $L$ , Bezugszeichen 21, aus der Optimierung eines quadratischen Gütemaßes ermittelt.

Das allgemeine quadratische Gütekriterium ist durch die nachfolgende Beziehung gegeben:

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_f} [\underline{x}^T(t) Q \underline{x}(t) + \underline{u}^T(t) R \underline{u}(t)] dt$$

25

mit  $Q =$  Gewichtungsmatrix  
 $t_0 =$  Anfangszeitpunkt  
 $t_f =$  Endzeitpunkt

30

für Mehrfachsysteme, bei denen die Zustandsgrößen selbst physikalische Größen darstellen.

Der Ausgangswert des Matrixbausteins 21 wird dem bereits erwähnten Summationspunkt 22 aufgegeben, dem ebenfalls ein aus dem Baustein 26 stammendes Signal aufgegeben wird. Im Kalman-Bucy-Filterelement 20 ist des weiteren neben den bereits

35

angesprochenen, Konstanten verarbeitenden Bausteinen 26, 27, dem Integrationsbaustein 28 sowie dem L-Matrix bildenden Baustein 21 ein weiterer Baustein 25 zugeordnet, in dem eine Transformationsmatrix abgelegt ist. Aus der Transformationsmatrix 25 des Filterelementes 20 rühren an einem Schätzgrößen Ausgang 24 die geschätzten  
 5 Ausgangsgrößen des beobachtbaren Untersystemes 19 des Gesamtsystemes 15 elektrische Maschine 1 her, die einer Berechnung der Zustandsgrößen des unbeobachtbaren Untersystemes 18 (vergleiche Fig. 3) des Gesamtsystemes 15 elektrische Maschine 1 zugrunde gelegt werden können.

10 Sowohl die mittels des Kalman-Bucy-Filterelementes 20 im beobachtbaren Untersystem 19 geschätzten Zustandsgrößen als auch die aufgrund der geschätzten Zustandsgrößen berechneten Zustandswerte des unbeobachtbaren Untersystemes 19 des Gesamtsystems 15 werden mit der Transformationsmatrix erneut verknüpft, so daß eine Rücktransformation der im R-S-T-System vorliegenden Werte in diejenigen des R-S-T-Systemes Werte des  
 15 Gesamtsystemes 15 elektrische Maschine erfolgen kann. Diese Werte enthalten dann einen geschätzten Polradwinkelwert, der dem tatsächlich vorliegenden Polradwinkelwert im wesentlichen entspricht oder mit diesem identisch ist.

Figur 5 zeigt eine alternative Ausgestaltungsmöglichkeit des beobachtbaren Untersystemes  
 20 als reduzierten Zustandsbeobachter.

Der Zustandsgrößensektor hat folgendes Aussehen:

$$25 \quad \underline{x} = \begin{bmatrix} \underline{r} \\ \underline{y} \end{bmatrix}$$

$\underline{r}$  stellt den Vektor der seitlichen Zustandsvariablen dar, im vorliegenden Falle der Kreisfrequenz  $\omega$  und des Polradlagewinkels dar.

30

$$35 \quad \begin{bmatrix} \underline{r} \\ \underline{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{A}_{11} & \underline{A}_{12} \\ \underline{A}_{21} & \underline{A}_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{r} \\ \underline{y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{B}_1 \\ \underline{B}_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{u} \end{bmatrix}$$

Daraus folgen nachfolgende Zustandsgleichungen:

$$\begin{aligned}\underline{\dot{\rho}} &= (\underline{A}_{11} - \underline{L} \cdot \underline{A}_{21}) \cdot \underline{\rho} + (\underline{B}_1 - \underline{L} \cdot \underline{B}_2) \cdot \underline{u} + [(\underline{A}_{11} - \underline{L} \cdot \underline{A}_{21}) \cdot \underline{L} + \underline{A}_{12} - \underline{L} \cdot \underline{A}_{22}] \cdot \underline{y} \\ \underline{\hat{r}} &= \underline{\rho} + \underline{L} \cdot \underline{y}\end{aligned}$$

5

Während bei der Konfiguration gemäß Fig. 4 durch das Filterelement 20 alle Zustandsgrößen geschätzt werden, brauchen in denjenigen Fällen, in denen q von n Größen gemessen werden sollen, nur (n - q) Zustandsgrößen geschätzt zu werden. Ein solcher Beobachter ist als Beobachter reduzierter Ordnung, mithin als reduzierter Beobachter 29 anzusehen und in der Darstellung gemäß Fig. 5 dargestellt.

10

Figur 6 zeigt eine Meßschaltung zur Ermittlung der Läuferposition im Stillstand.

Im Erregerkreis 2, 32 ist eine zeitveränderliche Spannungsquelle 32 angeordnet, mit der an der Erregerwicklung 2 ein zeitveränderlicher Erregerstrom  $i_F$  3, eingestellt werden kann. In diesem Falle wird von der Erregerseite 2, 32 der Klauenpolmaschine 1 her ein magnetischer Fluß aufgebaut. Für eine zeitveränderliche Erregerspannung  $u_{Er}$  6, werden die Ständerspannung der Ständerwicklung 4 in den Strängen 5 über zwei Voltmeter 33, 34 gemessen. Die Strangspannungen geben eine Information über die Lage des Läufers der Klauenpolmaschine, da sie vom Polradlagewinkel abhängig sind.

20

Damit steht eine Anfangsinformation über die Läuferposition für die Zustandsbeobachter 19, 29 gemäß der Figuren 4 und 5 zur Verfügung.

25

Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren ist es möglich, eine elektrische Synchronmaschine beispielsweise einen Drehstromgenerator, der nicht vollständig beobachtbar ist, so aufzuteilen, daß sich das Gesamtsystem der elektrischen Maschine in ein beobachtbares und ein unbeobachtbares Untersystem unterteilen läßt. Durch die Verwendung eines Kalman-Bucy-Filterelementes 20 im beobachtbaren Untersystem 19 lassen sich Zustandsgrößen mit einer hohen Vorhersagegenauigkeit schätzen, die eine Berechnung der Zustandsgrößen im an sich unbeobachtbaren Untersystem ermöglichen.

30

Bezugszeichenliste

|    |    |   |
|----|----|---|
|    | 1  | Elektrische Maschine  |
|    | 2  | Erregerwicklung   |
| 5  | 3  | Erregerstrom $i_F$  |
|    | 4  | Ständerwicklung   |
|    | 5  | Phasenstränge   |
|    | 6  | Erregerspannung   |
|    | 7  | Eingangsvektor $\underline{u}$  |
| 10 | 8  | Ausgangsvektor $\underline{y}$ aus transformierten Ständerströmen und $i_F$ |
|    | 9  | Zustandsvektor $\underline{x}$  |
|    | 10 | Ableitung Zustandsvektor $\underline{\dot{x}}$                              |
|    | 11 | Systemrauschen $r(t)$   |
|    | 12 | Meßrauschen $\rho(t)$   |
| 15 | 13 | Summationspunkt   |
|    | 14 | Zustandsraum  |
|    | 15 | Gesamtsystem  |
|    | 16 | Eingangsgroßen  |
|    | 17 | Ausgangsgroßen  |
| 20 | 18 | unbeobachtbares Untersystem   |
|    | 19 | beobachtbares Untersystem   |
|    | 20 | Filterelement   |
|    | 21 | L-Matrix  |
|    | 22 | Summationspunkt   |
| 25 | 23 | Summationspunkt   |
|    | 24 | Schätzgrößen Ausgang  |
|    | 25 | T-Matrix  |
|    | 26 | Konstante A   |
|    | 27 | Konstante C   |
| 30 | 28 | Integrationsbaustein  |

- 9 -

- 29 reduzierter Beobachter
- 30 Zustandsgleichung
- 31 Zustandsgleichung
- 32 zeitveränderliche Spannungsquelle
- 5 33 Spannungsmesser
- 34 Spannungsmesser
- 35 Spulen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Lage einer rotierenden Komponente eines  
 5 Klauenpolgenerators (1), die im R-S-T-System betrieben wird und zu deren  
 Regelung die Transformation der Ständergrößen aus dem R-S-T-System in das d, q-  
 System und umgekehrt erforderlich ist, dadurch gekennzeichnet, daß der  
 Klauenpolgenerator (1) als Gesamtsystem (15) in ein unbeobachtbares Untersystem  
 (18) und in ein ein Filterelement (20) enthaltendes beobachtbares Untersystem (19,  
 10 29), welches Ausgangsgrößen (17) liefert, unterteilt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im beobachtbaren  
 Untersystem (19) ein Kalman-Bucy-Filterelement (20) aufgenommen ist, welches  
 die Zustandsgrößen des beobachtbaren Untersystems (19) schätzt.  
 15
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im beobachtbaren  
 Untersystem (19) ein Zustandsbeobachter aufgenommen ist, der Zustandsgrößen  
 des beobachtbaren Untersystems (19) nach einer Zustandsänderung neu berechnet.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine  
 (1) durch eine Transformationsmatrix T in ein unbeobachtbares Untersystem (18)  
 und ein beobachtbares Untersystem (19) unterteilt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine L-Matrix (21) im  
 25 Filterelement (20) des beobachtbaren Untersystemes (19) aus der Optimierung  
 eines quadratischen Gütemaßes ermittelt

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_f} [x^T(t) Q x(t) + u^T(t) R u(t)] dt$$

30 wird.

6. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsgrößen (9)  
 35 des beobachtbaren Untersystemes (19) des Gesamtsystemes (15)  
 Klauenpolmaschine (1) mittels des Filterelementes (20) geschätzt werden.

- 5 7. Verfahren gemäß der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit den geschätzten bzw. berechneten Zustandsgrößen des beobachtbaren Untersystemes (19) die Zustandsgrößen des unbeobachtbaren Untersystems (18) berechnet werden.
8. Verfahren gemäß der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die geschätzten Zustandsgrößen und die berechneten Zustandsgrößen der Untersysteme (18, 19) durch Verknüpfung mit einer Transformationsmatrix T rücktransformiert werden.
- 10 9. Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsgrößen (9) die transformierten Ständerströme des d, q-Systemes, die Kreisfrequenz  $\omega$  sowie den Polradwinkel des Läufers der Klauenpolmaschine (1) enthalten.
- 15 10. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Läuferanfangsposition im Erregerkreis (2, 32) der Klauenpolmaschine (1) eine zeitveränderliche Spannungsquelle (32) angeordnet ist und eine Messung (33, 34) der Strangspannungen (5) der Ständerwicklung (4) erfolgt.

1 / 3

Fig.1

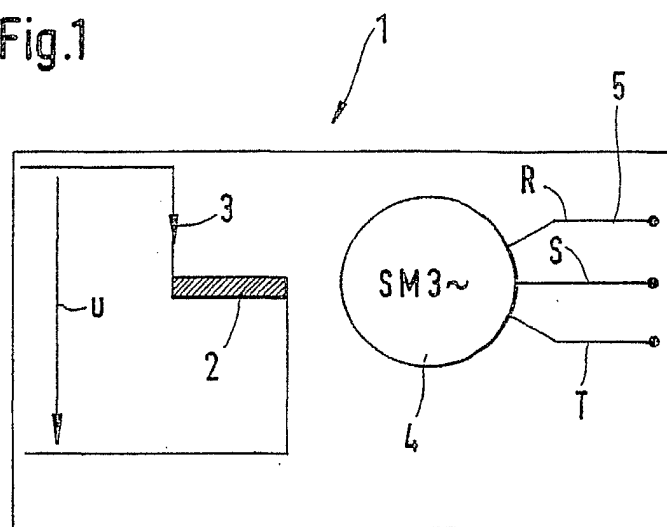


Fig.2

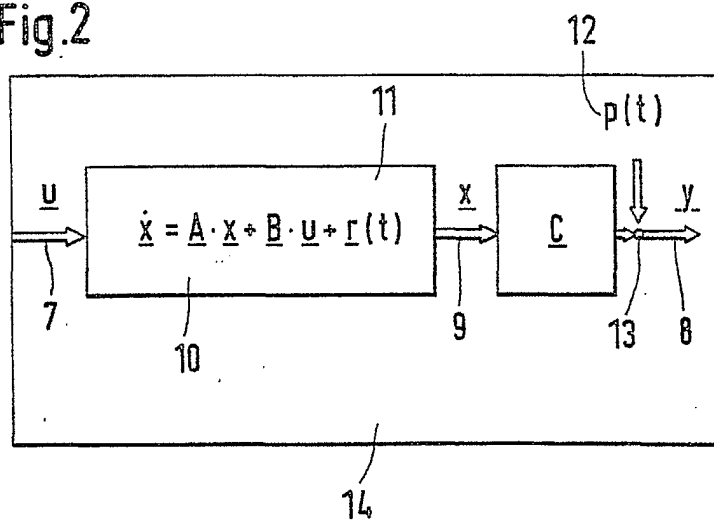


Fig.3

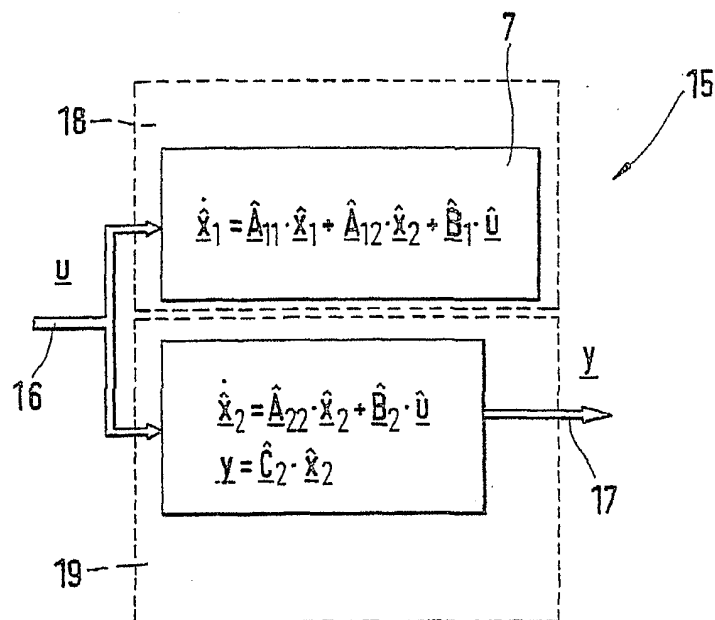
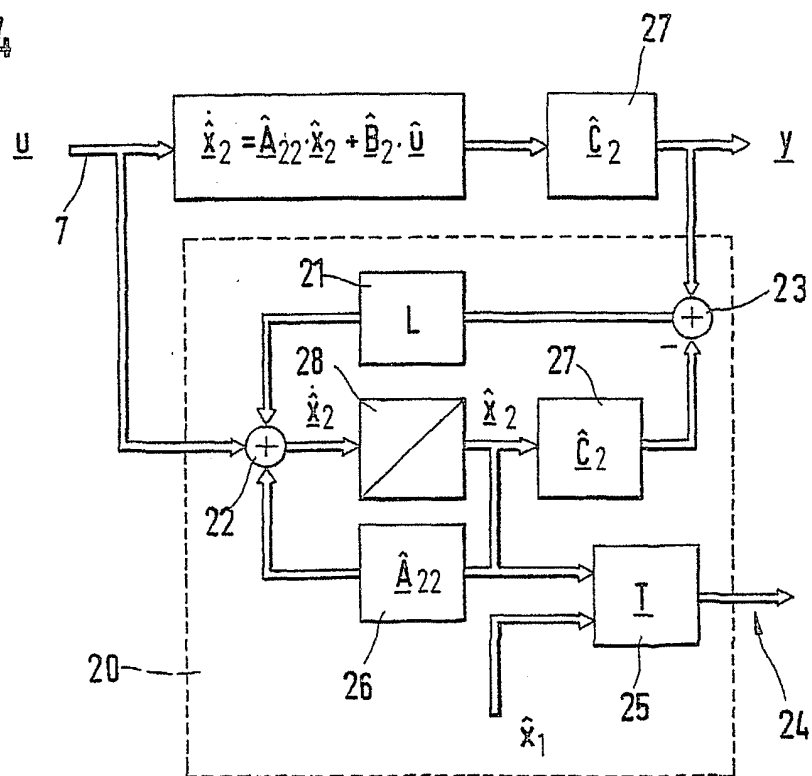


Fig. 4



3/3

Fig. 5

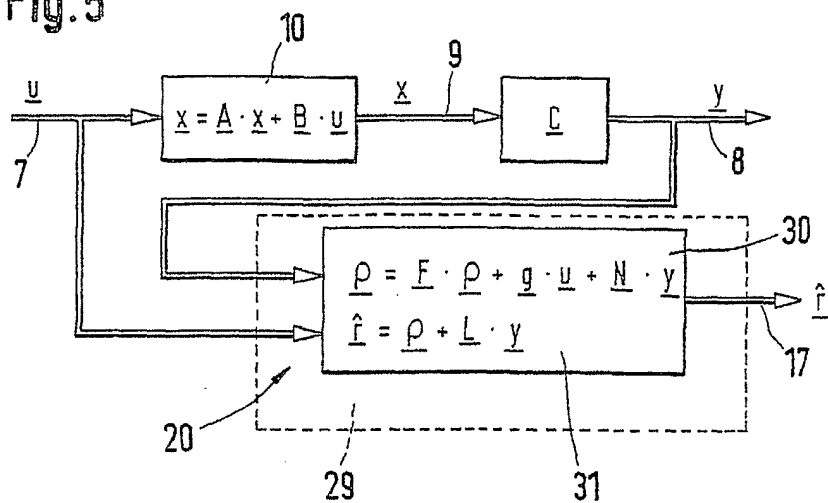
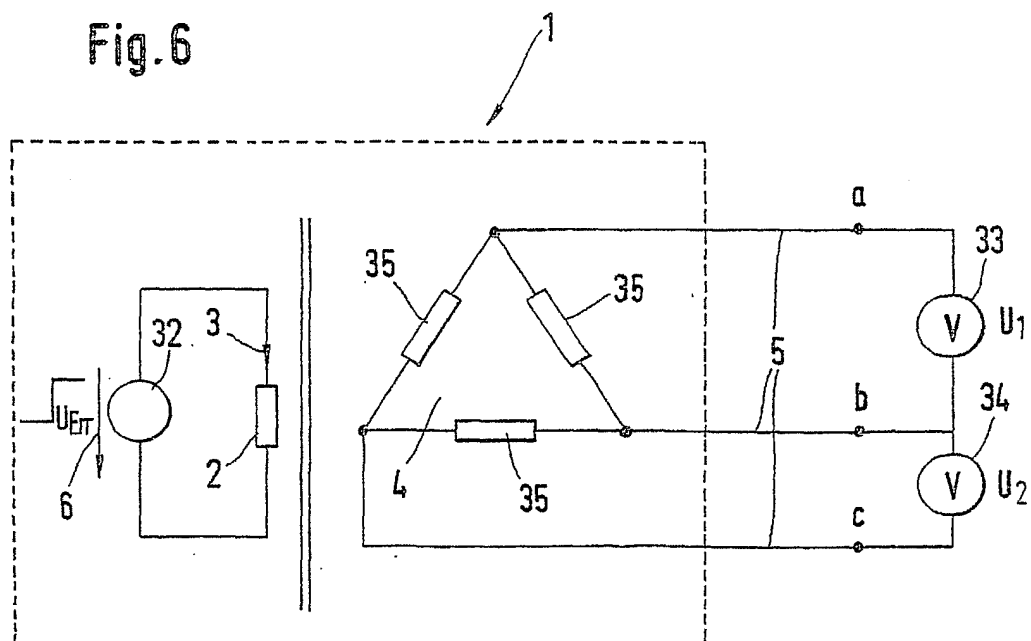


Fig. 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No  
PCT/EE 01/02368A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02P9/02 H02P21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages               | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | DE 198 49 239 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27 April 2000 (2000-04-27)<br>the whole document          | 1-10                  |
| A          | DE 41 15 338 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>12 November 1992 (1992-11-12)<br>abstract; figure 1<br>-/- | 1                     |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 November 2001

Date of mailing of the international search report

07/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beyer, F

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | <p>BROESSE A ET AL: "POSITIONING ACCURACY OF A SENSORLESS CONTROLLED DRIVE SYSTEM"<br/>EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, BRUSSELS, EPE ASSOCIATION, B, vol. 3 CONF. 6, 19 September 1995 (1995-09-19), pages 3167-3172, XP000538307<br/>figure 1</p> <p>----</p> | 1                     |
| A          | <p>BOBRICK ET AL: "The Kalman-Bucy filter accuracy in the guaranteed estimation problem"<br/>PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. BRIGHTON, DEC. 11 - 13, 1991, NEW YORK, IEEE, US, vol. 1 CONF. 30, 11 December 1991 (1991-12-11), pages 3066-3071, XP010055507<br/>ISBN: 0-7803-0450-0<br/>the whole document</p> <p>----</p>  | 1                     |
| A          | <p>US 5 495 162 A (ROZMAN GREGORY I ET AL)<br/>27 February 1996 (1996-02-27)<br/>abstract; figure 2</p> <p>-----</p>   | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No  
PCT/IL 01/02368

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19849239                               | A | 27-04-2000          | DE 19849239 A1             | 27-04-2000          |
|   |   |                     | BR 9907060 A               | 17-10-2000          |
|   |   |                     | WO 0025408 A2              | 04-05-2000          |
|   |   |                     | EP 1051789 A2              | 15-11-2000          |
| DE 4115338                                | A | 12-11-1992          | DE 4115338 A1              | 12-11-1992          |
| US 5495162                                | A | 27-02-1996          | NONE                       |                     |

101/22 01/02368

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 H02P9/02 H02P21/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                    | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A          | DE 198 49 239 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27. April 2000 (2000-04-27)<br>das ganze Dokument<br>----                      | 1-10               |
| A          | DE 41 15 338 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>12. November 1992 (1992-11-12)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>-----<br>-/-- | 1                  |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. November 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beyer, F

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | <p>BROESSE A ET AL: "POSITIONING ACCURACY OF A SENSORLESS CONTROLLED DRIVE SYSTEM"<br/>EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, BRUSSELS, EPE ASSOCIATION, B,<br/>Bd. 3 CONF. 6,<br/>19. September 1995 (1995-09-19), Seiten 3167-3172, XP000538307<br/>Abbildung 1</p> <p>----</p> | 1                  |
| A          | <p>BOBRICK ET AL: "The Kalman-Bucy filter accuracy in the guaranteed estimation problem"<br/>PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. BRIGHTON, DEC. 11 - 13, 1991, NEW YORK, IEEE, US,<br/>Bd. 1 CONF. 30,<br/>11. Dezember 1991 (1991-12-11), Seiten 3066-3071, XP010055507<br/>ISBN: 0-7803-0450-0<br/>das ganze Dokument</p> <p>----</p>   | 1                  |
| A          | <p>US 5 495 162 A (ROZMAN GREGORY I ET AL)<br/>27. Februar 1996 (1996-02-27)<br/>Zusammenfassung; Abbildung 2</p> <p>-----</p>   | 1                  |

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19849239 A                                      | 27-04-2000                    | DE 19849239 A1                    | 27-04-2000                    |
|  |                               | BR 9907060 A                      | 17-10-2000                    |
|  |                               | WO 0025408 A2                     | 04-05-2000                    |
|  |                               | EP 1051789 A2                     | 15-11-2000                    |
| DE 4115338 A                                       | 12-11-1992                    | DE 4115338 A1                     | 12-11-1992                    |
| US 5495162 A                                       | 27-02-1996                    | KEINE                             |                               |

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. Februar 2002 (07.02.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/11276 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H02P 9/02, 21/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02368

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Juni 2001 (27.06.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 36 869.7 28. Juli 2000 (28.07.2000) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOELLE, Gerhard

[DE/DE]; Hofwiesenstrasse 22, 75446 Wiernsheim (DE).  
**REUTLINGER, Kurt** [DE/DE]; Hegelstrasse 38A, 70174  
Stuttgart (DE). **PUSHKOLLI, Beqir** [DE/DE]; Sudeten-  
ring 81, 71642 Ludwigsburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

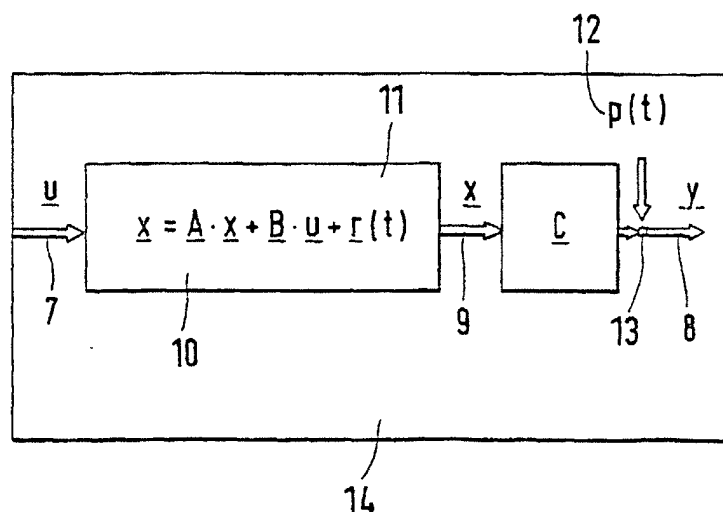
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR ESTIMATING THE POSITION OF THE CLAW POLE ROTOR OF A CLAW POLE MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SCHÄTZUNG DER POLRADLAGE AN EINER KLAUENPOLMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the position of the rotating component of a claw pole machine (1) operated in an R-S-T system and for the control of which it is necessary to transform the stator sizes of the R-S-T system to the d, q system and vice versa. The inventive claw pole machine (1) as an overall system (15) is subdivided into an unobservable subsystem (18) and an observable subsystem (19) that contains a filter element (20). The filter element (20) contained in the observable subsystem (19, 29) produces the output variables (17).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Ver-

fahren zur Bestimmung der Lage einer rotierenden Komponente einer Klauenpolmaschine (1), die im R-S-T-System betrieben wird und zu deren Regelung die Transformation der Ständergrößen aus dem R-S-T-System in das d, q-System und umgekehrt erforderlich ist. Die Klauenpolmaschine (1) als Gesamtsystem (15) wird in ein unbeobachtbares Untersystem (18) und ein in ein Filterelement (20) enthaltendes beobachtbares Untersystem (19) unterteilt. Das im beobachtbaren Untersystem (19, 29) enthaltene Filterelement (20) liefert die Ausgangsgrößen (17).

WO 02/11276 A1

## Verfahren zur Schätzung der Polradlage an einer Klauenpolmaschine

5

### Technisches Gebiet

Zur Versorgung des Bordnetzes von Kraftfahrzeugen mit elektrischer Energie werden Drehstromgeneratoren eingesetzt. Wegen seiner robusten Bauform und der preisgünstigen Herstellbarkeit hat sich für die Anwendung in Kraftfahrzeugen der Klauenpolgenerator  
10 durchgesetzt. Dieser enthält ein geblechtes Ständerpaket mit einer Dreiphasenwicklung. In der Wicklung wird durch das Drehfeld ein Dreifarben-Wechselstrom erzeugt. Die Batterie eines Kraftfahrzeuges erfordert zum Aufladen einen Gleichstrom, weswegen das Bordnetz ein Gleichspannungsnetz ist, so daß der Drehstromgenerator über eine Gleichrichterbrücke  
15 mit dem Bordnetz verbunden ist.

### Stand der Technik

Die Erzeugung elektrischer Leistung in Kraftfahrzeugen erfolgt durch Klauenpolgeneratoren, die über eine passive Dioden-Gleichrichter-Brücke mit dem Gleichspannungsbordnetz eines Kraftfahrzeuges verbunden sind. Die Drehstromgeneratoren werden in der Regel so dimensioniert, daß sie bereits bei Leerlauf der Verbrennungskraftmaschine im Kraftfahrzeug die geforderte elektrische Leistung bereitstellen können. Anstelle von passiven Dioden-Gleichrichter-Brücken können auch  
25 Puls-Wechsel-Richter eingesetzt werden, die bereits eine Abgabe elektrischer Leistung durch einen Drehstromgenerator bei Drehzahlen im unteren Leerlaufbereich einer Verbrennungskraftmaschine ermöglichen.

Klauenpolmaschinen werden durch Regler oder Reglerstrukturen geregelt, die die Transformation von Strömen und Spannungen der Ständerwicklungen der elektrischen Maschine in das d, q-System aus dem R-S-T-Dreiphasensystem sowie die Rücktransformation der Strom- und Spannungswerte aus dem d, q-System wieder in das R-S-T-Dreiphasensystem erfordern. Um die Transformation anhand einer Matrix eindeutig vornehmen zu können, ist es erforderlich, die Winkellage des Polrades an der elektrischen  
30 Maschine zu kennen, so daß die Transformation und die sich anschließende Rücktransformation eindeutig ist und keine Mehrfachzuordnungen auftreten können. Die

Polradlage wird üblicherweise durch einen eigens dafür vorgesehenen Sensor ermittelt, den Polradgeber.

5 Neben der Verwendung eines Polradlagegebers kann die Polradlage eines Klauenpolgenerators durch einen Zustandsbeobachter erfolgen, wobei durchaus auch ein reduzierter Zustandsbeobachter eingesetzt werden kann. Die Zustandsbeobachter sind jeweils so ausgelegt, daß diese den Systemzustand nach einer Änderung einer Zustandsgröße rekonstruieren. Mittels eines Zustandsbeobachters können jedoch in einer Regelstrecke eine Regelstruktur auftreten der stochastische Störungen nicht oder nur  
10 unzureichend detektiert und ausgegelt werden.

#### Darstellung der Erfindung

15 Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren läßt sich einerseits der Einsatz eines Polradlagegebers als zusätzliches Bauteil an einem Klauenpolgenerator vermeiden, so daß die mit seiner Verwendung einhergehenden Kosten zur Messung der Polradwinkellage entfallen können.

20 Andererseits kann durch die Verwendung eines Filterelementes, vorzugsweise eines Kalman-Bucy-Filterelementes nunmehr auch eine Erfassung in einer Regelstrecke eingehende stochastische Einflüsse erfolgen, was einen Fortschritt darstellt, da mit Zustandsbeobachtern lediglich eine verzögert erfolgende Rekonstruktion des Systemzustandes nach der Änderung einer Systemzustandsgröße möglich ist. Bei den bisher verwendeten Zustandsbeobachtern wird eine Transformationsmatrix für die  
25 Transformation von d, q-System in das R-S-T-System und umgekehrt anhand einer Polvorgabe ermittelt. Von der Genauigkeit der Polvorgabe hängt mithin die Genauigkeit der Transformation und der Rücktransformation ab. Beim eingesetzten Filterelement hingegen resultiert die Genauigkeit der Transformation aus der Optimierung eines erforderlichen Gütemaßes. Durch Verwendung dieses Gütemaßes bei der Ermittlung der  
30 Transformation d, q-System ins R-S-T-System der elektrischen Maschine, ist eine wesentlich verbesserte Genauigkeit erreichbar.

Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend detaillierter erläutert.

5 Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Klauenpolgenerators mit Läufer- und Ständerwicklung,

10 Fig. 2 eine äquivalente Darstellung des Klauenpolgenerators im Zustandsraum,

Fig. 3 die Unterteilung des Systems Klauenpolgenerator in ein beobachtbares und ein unbeobachtbares Untersystem und

15 Fig. 4 eine nähere Darstellung des beobachtbaren Untersystems und des Kalman-Bucy-Filters.

Fig. 5 eine alternative Ausgestaltungsmöglichkeit des beobachtbaren Untersystems als reduzierter Zustandsbeobachter und

20

Fig. 6 eine Meßschaltung zur Ermittlung der Läuferposition des Klauenpolgenerators im Stillstand.

Ausführungsvarianten

25

Die Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt in schematischer Wiedergabe einen Klauenpolgenerator mit Erreger- und Ständerwicklung.

Aus der Darstellung gemäß Fig. 1 geht die Erregerwicklung 2 hervor, die bei Anlegen einer Spannung an ihren Anschlußklemmen von einem Erregerstrom  $i_F$ , Bezugszeichen 3, durchflossen wird. Die elektrische Maschine 1, im wesentlichen bestehend aus der Erregerwicklung 2 sowie der Ständerwicklung 4, ist als Drehstrommaschine ausgebildet und wird im R-S-T-System betrieben. Von der Ständerwicklung 4 wegführend sind in der Darstellung gemäß Fig. 1 drei Phasenstränge, den Phasen R, S und T entsprechend, dargestellt.

30

35

Fig. 2 gibt die äquivalente Darstellung der elektrischen Maschine 1 gemäß Fig. 1 im Zustandsraum wieder.

Im Zustandsraum 14 ist die elektrische Maschine 1 in äquivalenter Form dargestellt, im wesentlichen charakterisiert durch die Ableitung 10 des Zustandsvektors  $\underline{x}$ . Eingangsgröße ist der Eingangsvektor  $\underline{u}$ . Der Eingangsvektor  $\underline{u}$  besteht aus den transformierten Ständerspannungen  $u_d, u_q$ , aus dem R-S-T-System in das d, q-System transformiert und aus der Läuferspannung an der elektrischen Maschine 1. Die Ableitung des Zustandsvektors 9 ist gegeben durch die Gleichung:

10

$$\dot{\underline{x}} = \underline{A} \cdot \underline{x} + \underline{B} \cdot \underline{u} + r(t).$$

Darin bezeichnet  $r(t)$  das Systemrauschen,  $\underline{x}$  den Zustandsvektor, der den Erregerstrom  $i_f$  und die transformierten Ständerströme  $i_d, i_q$  enthält, die ebenfalls aus dem R-S-T-System ins d, q-System transferiert sind. Der Ständerstromanteil  $i_q$  bestimmt weitestgehend das mit der elektrischen Maschine 1 erzielbare Drehmoment. Der Zustandsvektor 9 wird unter Verknüpfung mit einer Konstanten C auf einen Summationspunkt 13 gegeben, an welchem ein Meßrauschen  $p(t)$  aufgegeben ist. Unter Berücksichtigung des Meßrauschens  $p(t)$ , charakterisiert durch Bezugszeichen 12, wird der Ausgangsspannungsvektor  $\underline{y}$  gebildet, gekennzeichnet durch Bezugszeichen 8.

20

Fig. 3 zeigt die Darstellung des Gesamtsystems elektrische Maschine in Untersystemen.

Die elektrische Maschine 1 läßt sich ausgehend vom Gesamtsystem 15 in ein beobachtbares Untersystem 19 sowie ein unbeobachtbares Untersystem 18 aufteilen. Im beobachtbaren Untersystem 19 lassen sich die Zustandsgrößen durch den Einbau eines Kalman-Bucy-Filterelementes 20 (vergleiche Fig. 4) schätzen. Die Zustandsgrößen des unbeobachtbaren Untersystemes 18 werden hingegen berechnet. Für die Berechnung der Zustandsgrößen dieses Untersystemes werden die mittels des Filterelementes 20 gewonnenen Zustandsgrößen aus dem beobachtbaren Untersystem 19 herangezogen, die jedoch – unter Inkaufnahme einer Vernachlässigung stochastischer Einflüsse in der Regelstrecke – auch über einen Zustandsbeobachter ermittelt werden könnten. Die berechneten wie auch die geschätzten Zustandsgrößen werden durch Verknüpfung mit der Transformationsmatrix rücktransformiert, woraus sich eine geschätzte Polradwinkellage ergibt, die der wirklichen Lage des Polrades entspricht.

35

Fig. 4 gibt eine detaillierte Darstellung des beobachtbaren Untersystems einer elektrischen Maschine wieder.

Die Darstellung gemäß Fig. 4 außerhalb der gestrichelten Umrandung des Filterelementes 20 entspricht im wesentlichen der Darstellung im Zustandsraum 14 gemäß Fig. 2. Eingangsgröße des Zustandsvektors  $\underline{x}_2$  ist der Eingangsvektor  $\underline{u}$  gebildet aus zwei Anteilen, die nach Durchlaufen einer Konstante  $\underline{C}_2$ , gekennzeichnet durch Bezugszeichen 27 in einen Ausgangsvektor  $\underline{y}$  übergehen. An einem Summationspunkt 22 innerhalb des Filterelementes 20 werden die Eingangsgrößen des Eingangsvektors 7  $\underline{u}$ , einem Integrationsbaustein 28 aufgegeben, von dem aus sie einem die Konstante  $\underline{C}_2$  entsprechenden repräsentierenden Baustein zugeführt werden, von dem aus sie einem weiteren Summationspunkt 23 zugeleitet werden. Ausgehend vom Baustein 27 werden dessen Ausgangssignale, mit einem negativen Vorzeichen verknüpft, dem Summationspunkt 23 zugeleitet. Von diesem Summationspunkt 23 zweigt die Zuleitung zu einem L-Matrix-Baustein 21 ab, in welchen bei Verwendung eines Zustandsbeobachters die Matrix mittels einer Polradlagevorgabe ermittelt würde. Bei der Ausgestaltung des Filterelementes 20 als ein Kalman-Bucy-Filterelement wird die Matrix L, Bezugszeichen 21, aus der Optimierung eines quadratischen Gütemaßes ermittelt.

Das allgemeine quadratische Gütekriterium ist durch die nachfolgende Beziehung gegeben:

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_f} [\underline{x}^T(t) Q \underline{x}(t) + \underline{u}^T(t) R \underline{u}(t)] dt$$

25

mit  $Q =$  Gewichtungsmatrix  
 $t_0 =$  Anfangszeitpunkt  
 $t_f =$  Endzeitpunkt

30

für Mehrfachsysteme, bei denen die Zustandsgrößen selbst physikalische Größen darstellen.

Der Ausgangswert des Matrixbausteins 21 wird dem bereits erwähnten Summationspunkt 22 aufgegeben, dem ebenfalls ein aus dem Baustein 26 stammendes Signal aufgegeben wird. Im Kalman-Bucy-Filterelement 20 ist des weiteren neben den bereits

- angesprochenen, Konstanten verarbeitenden Bausteinen 26, 27, dem Integrationsbaustein 28 sowie dem L-Matrix bildenden Baustein 21 ein weiterer Baustein 25 zugeordnet, in dem eine Transformationsmatrix abgelegt ist. Aus der Transformationsmatrix 25 des Filterelementes 20 rühren an einem Schätzgrößenausgang 24 die geschätzten
- 5 Ausgangsgrößen des beobachtbaren Untersystemes 19 des Gesamtsystemes 15 elektrische Maschine 1 her, die einer Berechnung der Zustandsgrößen des unbeobachtbaren Untersystemes 18 (vergleiche Fig. 3) des Gesamtsystemes 15 elektrische Maschine 1 zugrunde gelegt werden können.
- 10 Sowohl die mittels des Kalman-Bucy-Filterelementes 20 im beobachtbaren Untersystem 19 geschätzten Zustandsgrößen als auch die aufgrund der geschätzten Zustandsgrößen berechneten Zustandswerte des unbeobachtbaren Untersystemes 19 des Gesamtsystemes 15 werden mit der Transformationsmatrix erneut verknüpft, so daß eine Rücktransformation der im R-S-T-System vorliegenden Werte in diejenigen des R-S-T-Systemes Werte des
- 15 Gesamtsystemes 15 elektrische Maschine erfolgen kann. Diese Werte enthalten dann einen geschätzten Polradwinkelwert, der dem tatsächlich vorliegenden Polradwinkelwert im wesentlichen entspricht oder mit diesem identisch ist.

Figur 5 zeigt eine alternative Ausgestaltungsmöglichkeit des beobachtbaren Untersystemes als reduzierten Zustandsbeobachter.

20

Der Zustandsgrößensektor hat folgendes Aussehen:

25

$$\underline{x} = \begin{pmatrix} \underline{r} \\ \underline{y} \end{pmatrix}$$

$\underline{r}$  stellt den Vektor der seitlichen Zustandsvariablen dar, im vorliegenden Falle der Kreisfrequenz  $\omega$  und des Polradlagewinkels dar.

30

35

$$\begin{pmatrix} \dot{\underline{r}} \\ \dot{\underline{y}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \underline{A}_{11} & \underline{A}_{12} \\ \underline{A}_{21} & \underline{A}_{22} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \underline{r} \\ \underline{y} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \underline{B}_1 \\ \underline{B}_2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \underline{u} \end{pmatrix}$$

Daraus folgen nachfolgende Zustandsgleichungen:

$$\begin{aligned}\dot{\underline{p}} &= (\underline{A}_{11} - \underline{L} \cdot \underline{A}_{21}) \cdot \underline{p} + (\underline{B}_1 - \underline{L} \cdot \underline{B}_2) \cdot \underline{u} + [(\underline{A}_{11} - \underline{L} \cdot \underline{A}_{21}) \cdot \underline{L} + \underline{A}_{12} - \underline{L} \cdot \underline{A}_{22}] \cdot \underline{y} \\ \hat{\underline{p}} &= \underline{p} + \underline{L} \cdot \underline{y}\end{aligned}$$

5

Während bei der Konfiguration gemäß Fig. 4 durch das Filterelement 20 alle Zustandsgrößen geschätzt werden, brauchen in denjenigen Fällen, in denen q von n Größen gemessen werden sollen, nur (n - q) Zustandsgrößen geschätzt zu werden. Ein solcher Beobachter ist als Beobachter reduzierter Ordnung, mithin als reduzierter Beobachter 29 anzusehen und in der Darstellung gemäß Fig. 5 dargestellt.

Figur 6 zeigt eine Meßschaltung zur Ermittlung der Läuferposition im Stillstand.

15 Im Erregerkreis 2, 32 ist eine zeitveränderliche Spannungsquelle 32 angeordnet, mit der an der Erregerwicklung 2 ein zeitveränderlicher Erregerstrom  $i_F$  3, eingestellt werden kann. In diesem Falle wird von der Erregerseite 2, 32 der Klauenpolmaschine 1 her ein magnetischer Fluß aufgebaut. Für eine zeitveränderliche Erregerspannung  $u_{Er}$  6, werden die Ständerspannung der Ständerwicklung 4 in den Strängen 5 über zwei Voltmeter 33, 34  
20 gemessen. Die Strangspannungen geben eine Information über die Lage des Läufers der Klauenpolmaschine, da sie vom Polradlagewinkel abhängig sind.

Damit steht eine Anfangsinformation über die Läuferposition für die Zustandsbeobachter 19, 29 gemäß der Figuren 4 und 5 zur Verfügung.

25

Mit dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren ist es möglich, eine elektrische Synchronmaschine beispielsweise einen Drehstromgenerator, der nicht vollständig beobachtbar ist, so aufzuteilen, daß sich das Gesamtsystem der elektrischen Maschine in ein beobachtbares und ein unbeobachtbares Untersystem unterteilen läßt. Durch die  
30 Verwendung eines Kalman-Bucy-Filterelementes 20 im beobachtbaren Untersystem 19 lassen sich Zustandsgrößen mit einer hohen Vorhersagegenauigkeit schätzen, die eine Berechnung der Zustandsgrößen im an sich unbeobachtbaren Untersystem ermöglichen.

Bezugszeichenliste

|    |    |   |
|----|----|---|
|    | 1  | Elektrische Maschine  |
|    | 2  | Erregerwicklung   |
| 5  | 3  | Erregerstrom $i_F$  |
|    | 4  | Ständerwicklung   |
|    | 5  | Phasenstränge   |
|    | 6  | Erregerspannung   |
|    | 7  | Eingangsvektor $\underline{u}$  |
| 10 | 8  | Ausgangsvektor $\underline{y}$ aus transformierten Ständerströmen und $i_F$ |
|    | 9  | Zustandsvektor $\underline{x}$  |
|    | 10 | Ableitung Zustandsvektor $\underline{\dot{x}}$                              |
|    | 11 | Systemrauschen $r(t)$   |
|    | 12 | Meßrauschen $\rho(t)$   |
| 15 | 13 | Summationspunkt   |
|    | 14 | Zustandsraum  |
|    | 15 | Gesamtsystem  |
|    | 16 | Eingangsgrößen  |
|    | 17 | Ausgangsgrößen  |
| 20 | 18 | unbeobachtbares Untersystem   |
|    | 19 | beobachtbares Untersystem   |
|    | 20 | Filterelement   |
|    | 21 | L-Matrix  |
|    | 22 | Summationspunkt   |
| 25 | 23 | Summationspunkt   |
|    | 24 | Schätzgrößenausgang   |
|    | 25 | T-Matrix  |
|    | 26 | Konstante A   |
|    | 27 | Konstante C   |
| 30 | 28 | Integrationsbaustein  |

- 9 -

- 29 reduzierter Beobachter
- 30 Zustandsgleichung
- 31 Zustandsgleichung
- 32 zeitveränderliche Spannungsquelle
- 5 33 Spannungsmesser
- 34 Spannungsmesser
- 35 Spulen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Lage einer rotierenden Komponente eines  
 5 Klauenpolgenerators (1), die im R-S-T-System betrieben wird und zu deren  
 Regelung die Transformation der Ständergrößen aus dem R-S-T-System in das d, q-  
 System und umgekehrt erforderlich ist, dadurch gekennzeichnet, daß der  
 Klauenpolgenerator (1) als Gesamtsystem (15) in ein unbeobachtbares Untersystem  
 (18) und in ein ein Filterelement (20) enthaltendes beobachtbares Untersystem (19,  
 10 29), welches Ausgangsgrößen (17) liefert, unterteilt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im beobachtbaren  
 Untersystem (19) ein Kalman-Bucy-Filterelement (20) aufgenommen ist, welches  
 15 die Zustandsgrößen des beobachtbaren Untersystems (19) schätzt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im beobachtbaren  
 Untersystem (19) ein Zustandsbeobachter aufgenommen ist, der Zustandsgrößen  
 des beobachtbaren Untersystems (19) nach einer Zustandsänderung neu berechnet.
- 20 4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine  
 (1) durch eine Transformationsmatrix T in ein unbeobachtbares Untersystem (18)  
 und ein beobachtbares Untersystem (19) unterteilt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine L-Matrix (21) im  
 25 Filterelement (20) des beobachtbaren Untersystemes (19) aus der Optimierung  
 eines quadratischen Gütemaßes ermittelt

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_f} [x^T(t) Q x(t) + u^T(t) R u(t)] dt$$

30 wird.

6. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsgrößen (9)  
 35 des beobachtbaren Untersystemes (19) des Gesamtsystemes (15)  
 Klauenpolmaschine (1) mittels des Filterelementes (20) geschätzt werden.

7. Verfahren gemäß der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß mit den geschätzten bzw. berechneten Zustandsgrößen des beobachtbaren Untersystemes (19) die Zustandsgrößen des unbeobachtbaren Untersystems (18) berechnet werden.
- 5 8. Verfahren gemäß der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die geschätzten Zustandsgrößen und die berechneten Zustandsgrößen der Untersysteme (18, 19) durch Verknüpfung mit einer Transformationsmatrix T rücktransformiert werden.
- 10 9. Verfahren gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustandsgrößen (9) die transformierten Ständerströme des d, q-Systemes, die Kreisfrequenz  $\omega$  sowie den Polradwinkel des Läufers der Klauenpolmaschine (1) enthalten.
- 15 10. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Läuferanfangsposition im Erregerkreis (2, 32) der Klauenpolmaschine (1) eine zeitveränderliche Spannungsquelle (32) angeordnet ist und eine Messung (33, 34) der Strangspannungen (5) der Ständerwicklung (4) erfolgt.

1 / 3

Fig.1

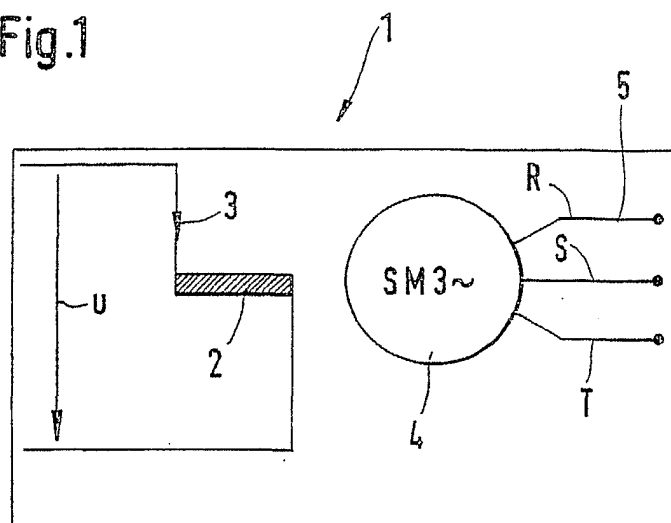


Fig.2

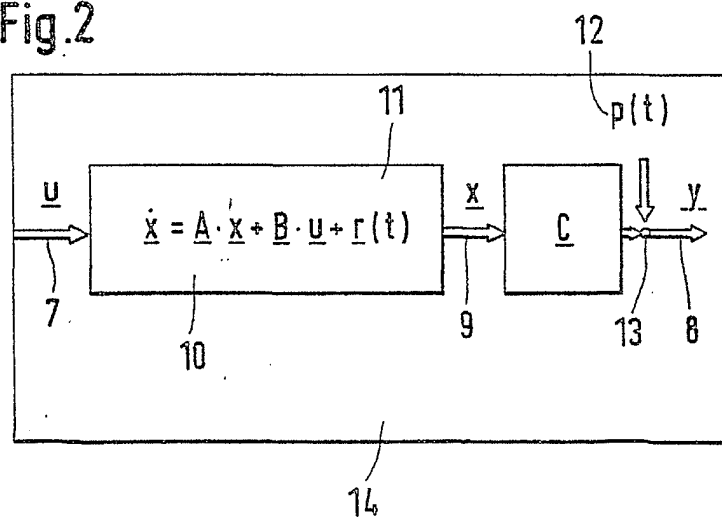


Fig.3

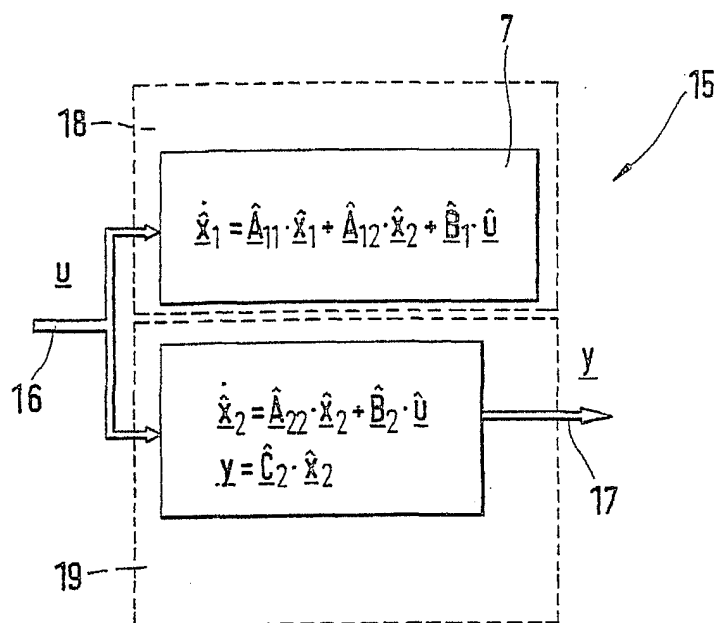
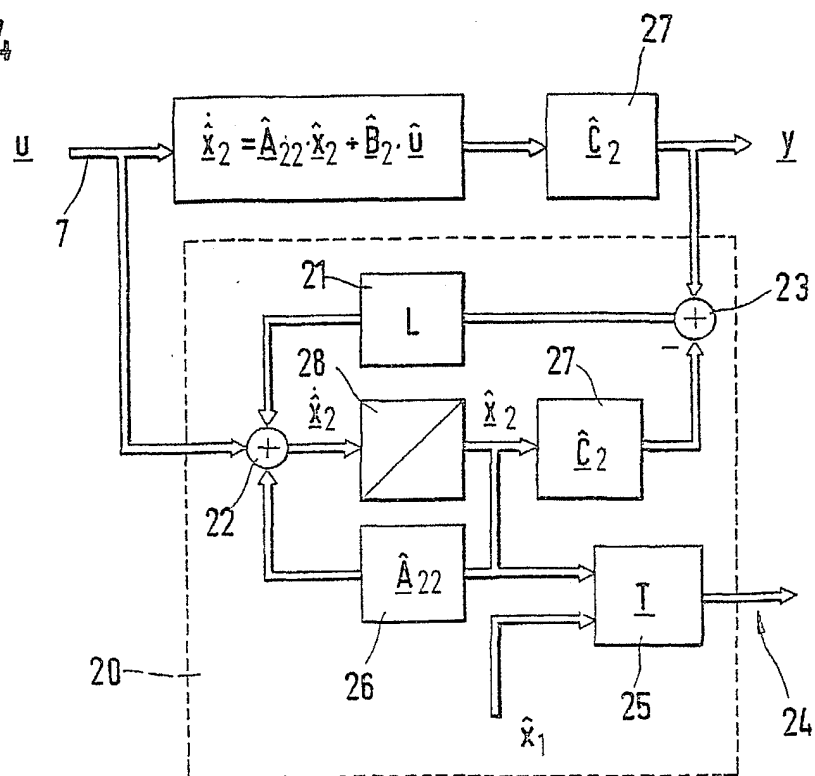


Fig. 4



3/3

Fig. 5

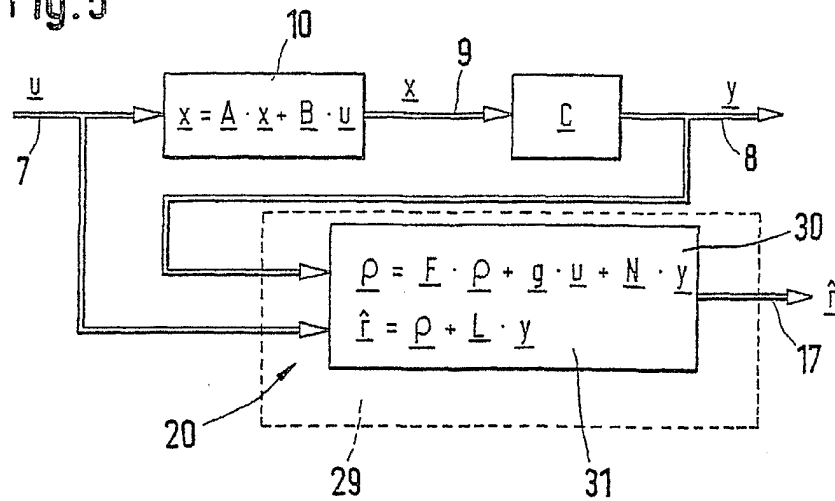
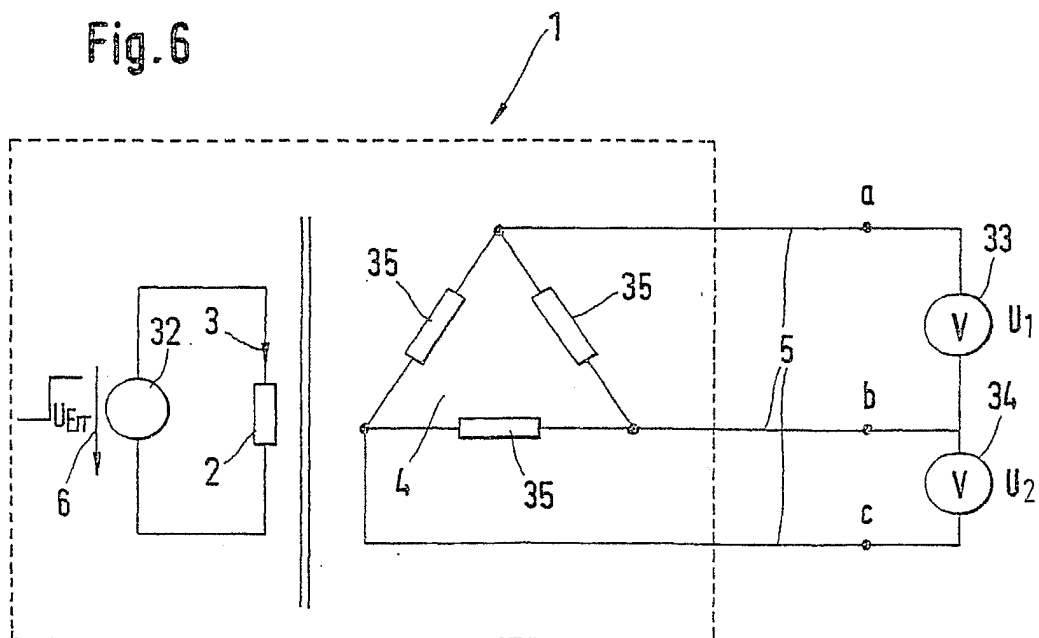


Fig. 6



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No

PCT/IL 01/02368

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H02P9/02 H02P21/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                      | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | DE 198 49 239 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27 April 2000 (2000-04-27)<br>the whole document                 | 1-10                  |
| A          | DE 41 15 338 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>12 November 1992 (1992-11-12)<br>abstract; figure 1<br>---<br>-/- | 1                     |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 November 2001

Date of mailing of the international search report

07/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beyer, F

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

tional Application No

PCT/DE 01/02368

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | <p>BROESSE A ET AL: "POSITIONING ACCURACY OF A SENSORLESS CONTROLLED DRIVE SYSTEM"<br/>EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, BRUSSELS, EPE ASSOCIATION, B, vol. 3 CONF. 6, 19 September 1995 (1995-09-19), pages 3167-3172, XP000538307<br/>figure 1</p> <p>----</p> | 1                     |
| A          | <p>BOBRICK ET AL: "The Kalman-Bucy filter accuracy in the guaranteed estimation problem"<br/>PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. BRIGHTON, DEC. 11 - 13, 1991, NEW YORK, IEEE, US, vol. 1 CONF. 30, 11 December 1991 (1991-12-11), pages 3066-3071, XP010055507<br/>ISBN: 0-7803-0450-0<br/>the whole document</p> <p>----</p>  | 1                     |
| A          | <p>US 5 495 162 A (ROZMAN GREGORY I ET AL)<br/>27 February 1996 (1996-02-27)<br/>abstract; figure 2</p> <p>-----</p>   | 1                     |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Application No  
PCT/DE 01/02368

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19849239                               | A | 27-04-2000          | DE 19849239 A1             | 27-04-2000          |
|   |   |                     | BR 9907060 A               | 17-10-2000          |
|   |   |                     | WO 0025408 A2              | 04-05-2000          |
|   |   |                     | EP 1051789 A2              | 15-11-2000          |
| DE 4115338                                | A | 12-11-1992          | DE 4115338 A1              | 12-11-1992          |
| US 5495162                                | A | 27-02-1996          | NONE                       |                     |

## INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

es Aktenzeichen

PCT/DE 01/02368

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H02P9/02 H02P21/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H02P

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                 | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | DE 198 49 239 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>27. April 2000 (2000-04-27)<br>das ganze Dokument                           | 1-10               |
| A          | DE 41 15 338 A (BOSCH GMBH ROBERT)<br>12. November 1992 (1992-11-12)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>---<br>-/- | 1                  |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. November 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beyer, F

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | <p>BROESSE A ET AL: "POSITIONING ACCURACY OF A SENSORLESS CONTROLLED DRIVE SYSTEM"<br/>EPE '95: 6TH. EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS. SEVILLA, SEPT. 19 - 21, 1995, EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, BRUSSELS, EPE ASSOCIATION, B,<br/>Bd. 3 CONF. 6,<br/>19. September 1995 (1995-09-19), Seiten 3167-3172, XP000538307<br/>Abbildung 1</p> | 1                  |
| A          | <p>BOBRICK ET AL: "The Kalman-Bucy filter accuracy in the guaranteed estimation problem"<br/>PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON DECISION AND CONTROL. BRIGHTON, DEC. 11 - 13, 1991, NEW YORK, IEEE, US,<br/>Bd. 1 CONF. 30,<br/>11. Dezember 1991 (1991-12-11), Seiten 3066-3071, XP010055507<br/>ISBN: 0-7803-0450-0<br/>das ganze Dokument</p>   | 1                  |
| A          | <p>US 5 495 162 A (ROZMAN GREGORY I ET AL)<br/>27. Februar 1996 (1996-02-27)<br/>Zusammenfassung; Abbildung 2</p>  | 1                  |

## INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Aktenzeichen

PCT/DE 01/02368

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19849239  | A | 27-04-2000                    | DE 19849239 A1                    | 27-04-2000                    |
|  |   |                               | BR 9907060 A                      | 17-10-2000                    |
|  |   |                               | WO 0025408 A2                     | 04-05-2000                    |
|  |   |                               | EP 1051789 A2                     | 15-11-2000                    |
| DE 4115338   | A | 12-11-1992                    | DE 4115338 A1                     | 12-11-1992                    |
| US 5495162   | A | 27-02-1996                    | KEINE                             |                               |